

水质对深部调驱效果影响研究

郭 斐

(中石油辽河油田勘探开发研究院, 盘锦 124010)

摘 要 通过对深部调驱现场出现的问题进行分析,认为水质是影响凝胶成胶强度的一个关键因素。通过开展水质中钙镁离子、硫离子、悬浮物、含油量、pH 对凝胶强度影响的单因素实验,并与模拟水进行了对比,发现硫离子和悬浮物会对凝胶强度造成很大影响,钙镁离子、pH 值也会对凝胶强度造成一定程度的影响;而含油量对凝胶强度影响不大。

关键词 深部调驱 水质 凝胶强度 硫离子 悬浮物

中图法分类号 TE357.13; **文献标志码** B

深部调驱作为高含水、高采出程度的“双高期”油田提高原油采收率主要手段之一,已在辽河油田、华北油田、胜利油田等大规模的开展,均取得不错的效果。辽河油田自 2010 年,已经在 22 个区块开展了 170 多个井组进行深部调驱试验,累计增油 22.8 万吨,取得较明显效果^[1,2]。

但在辽河油田已经实施的深部调驱井组中,有的区块出现了凝胶体系不成胶或成胶强度小等问题,已经影响到了深部调驱的现场应用。经过对现场化学剂和水质分析,认为配制过程中采用油田污水成分复杂是导致这一问题的根源。经过调研发现,目前对于水质对成胶效果影响还没系统的进行研究,因此开展了水质对成胶效果影响研究,实验选取了钙离子、镁离子、硫离子、悬浮物和含油情况几个指标进行单因素研究。

1 实验部分

1.1 实验药品

- (1)部分水解聚丙烯酰胺(相对分子量 2 500 万),辽河油田现场用;
- (2)交联剂 GJ-1;
- (3)Na₂S、CaCl₂ MgCl₂(分析纯);
- (4)凝胶配制用水:现场模拟水。

1.2 实验仪器

- (1)LVTD—II 型 Brook Field 黏度计(美国);
- (2)电子天平 YDP-02-OD 型(德国);
- (3)电热恒温干燥箱。

1.3 实验方法

1.3.1 模拟水组成

根据辽河油田开展调驱现场水质分析结果,配置成模拟水,组成见表 1。

表 1 模拟水水质组成

Table 1 Content of analog water

Na ⁺ +K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总矿化度
551.1	5.6	15.4	272.3	1.5	912.9	1 833.6

1.3.2 凝胶的制备与黏度测定

将聚合物、水、交联剂按一定比例依次加入烧杯中,搅拌,配制成 200 mL 溶液,装入 250 mL 的密封瓶内,抽真空、封口,放置于 60 ℃ 恒温干燥箱内,定期取样测定黏度,以 30 s 测定值作为凝胶的黏度值。

1.3.3 水质影响因素模拟方法建立

影响因素的研究采用的单因素模拟法,以 Na₂S、CaCl₂、MgCl₂、现场过滤出悬浮物、区块脱水原油和模拟水配置成一系列不同浓度的盐水,然后按照 1.2.2 的方法配置凝胶,定期测定黏度。

2 结果与讨论

2.1 钙离子对深部调驱效果的影响

按照 1.3.3 的方法,配制钙离子浓度为 50、75、100、150 mg/L 的盐水,配制凝胶,定期观测黏度,并与模拟水对比,结果如图 1 所示。

由图 1 可以看出,随着钙离子浓度不断增加,凝胶的成胶的强度时不断下降的,当钙离子含量为 100 mg/L 时,凝胶的强度就只有模拟水的一半(15 d),究其原因,钙离子可以与 HPAM 的羧基相结合,造成聚合物黏度下降^[3];另一方面还可以与 HPAM 发生分子内、分子间的交联,挤占了交联剂的位置,通过这两个方面造成凝胶的强度大幅下降。通过研究,钙离子可以对凝胶的强度产生较大的影响。

2014 年 5 月 23 日收到

作者简介:郭 斐(1987—),硕士研究生。研究方向:化学驱和深部调驱。E-mail:feitianwu1987@126.com。

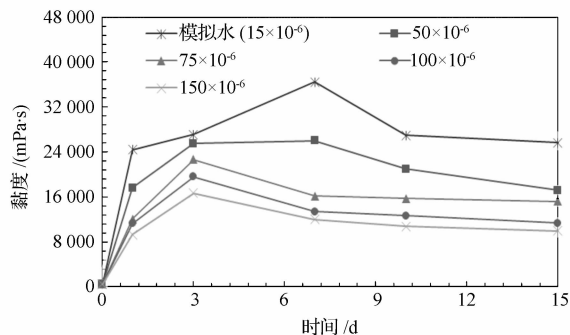


图1 钙离子对凝胶强度的影响

Fig. 1 Effect of Ca^{2+} on the hardness of gel

2.2 镁离子对深部调驱效果的影响

按照 1.2.3 的方法,配制钙离子浓度为 15、30、50、80 mg/L 的盐水,配制凝胶,定期观测黏度,并与模拟水对比,结果如图 2 所示。

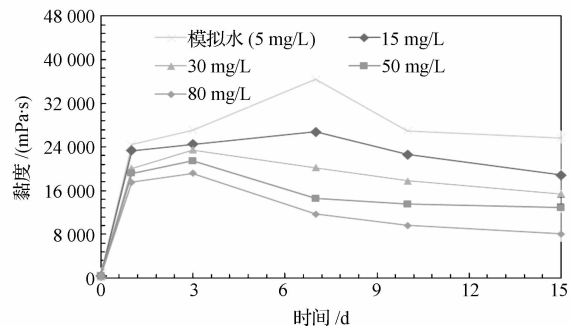


图2 镁离子对凝胶强度的影响

Fig. 2 Effect of Mg^{2+} on the hardness of gel

由图 2 可以看出,镁离子对凝胶强度的影响与钙离子基本一致,凝胶强度都是随着镁离子浓度的增加而下降的,当镁离子含量为 30 mg/L 时,凝胶的强度就只有模拟水的一半(15 d);综合来看,相同浓度下,镁离子比钙离子对凝胶强度影响更大。

2.3 硫离子对深部调驱效果的影响

按照前面的方法。配制 0.3、0.5、1.0、2.0、3.0 mg/L 浓度的盐水,配制凝胶。结果如图 3 所示。

由图 3 可以看出,硫离子对凝胶强度的影响十分巨大,当硫离子含量为 0.5 mg/L 时,凝胶黏度基本上就下降了一半(10 d);当硫离子含量大于 3.0 mg/L 时,凝胶基本上不成胶。硫离子可以与 HPAM 发生氧化反应,导致分子链断裂,导致 HPAM 黏度下降;另一方面硫离子可以与有机铬交联剂发生反应,导致产品失效,影响凝胶强度。

2.4 悬浮物对深部调驱效果的影响

按照前面的方法。配制含 5、25、50、100 mg/L 悬浮物的盐水,配制凝胶,观测黏度。由图 4 可以看

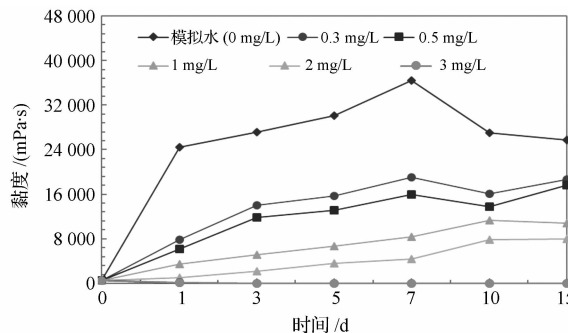


图3 硫离子对凝胶强度的影响

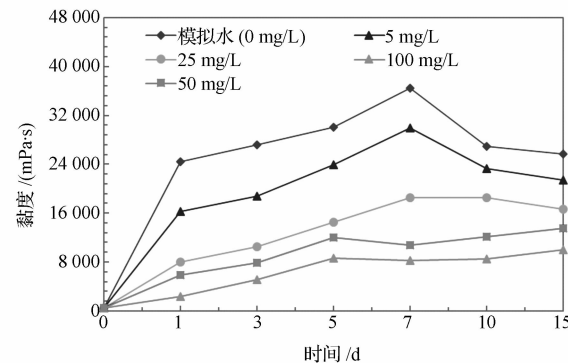
Fig. 3 Effect of S^{2-} on the hardness of gel

图4 悬浮物对凝胶强度影响

Fig. 4. Effect of suspended material on the hardness of gel

出,悬浮物对凝胶强度有较大的影响,随着悬浮物含量不断增加,凝胶成胶强度不断下降,当悬浮物含量为 25 mg/L 时,凝胶强度下降了近 50%。聚丙烯酰胺分子中的极性基团(羧基、酰胺基)与悬浮物接触吸附,吸附在悬浮物表面上的高分子长链可能同时吸附在另一个杂质的表面上,通过“架桥”方式将两个或更多的粒联在一起,加速颗粒的沉降,导致絮凝,消耗了堵剂溶液中的聚丙烯酰胺,从而降低凝胶成胶能力^[4]。

2.5 含油情况对深部调驱效果的影响

按照前面的方法。使用区块脱水原油配制含 50、100、200 mg/L 原油的盐水,配制凝胶,观测黏度。

由图 5 可以看出,含油情况对凝胶黏度影响不大,在 0 ~ 200 mg/L 时,黏度下降值在基本是都在 30% 以内。含油量不是造成凝胶黏度下降的关键因素。

2.6 pH 值对深部调驱效果的影响

pH 值直接使用酸碱进行调节,调节 pH 值为 6、7、8、9,分别配制凝胶,观察强度,研究 pH 值对凝胶成胶效果的影响。

由图 6 可以看出,pH 值对凝胶强度有着较大的影响,该有机铬凝胶体系较适宜碱性环境,在酸性条

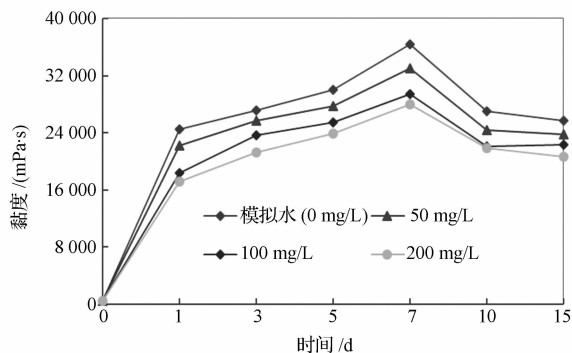


图5 含油情况对凝胶成胶效果的影响

Fig. 5 Effect of oil on the hardness of gel

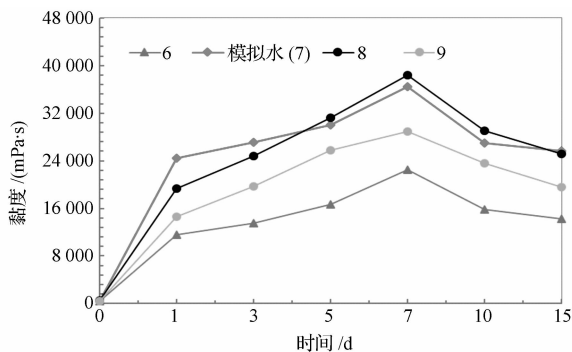


图6 pH值对凝胶成胶效果的影响

Fig. 6 Effect of pH on the hardness of gel

件下,凝胶强度下降较快,但是随着碱性增强,凝胶的强度也是在下降的,对于该体系而言,最佳的pH值使用的范围是7~8。

3 结论

(1)水质对凝胶的影响主要有:pH值、悬浮物、硫离子含量、二价阳离子。

(2)硫离子对凝胶成胶效果影响最严重,含量大于3.0 mg/L时,凝胶基本上不成胶;悬浮物对凝胶强度也有较大的影响,要现场要进行深部调驱,应对这两个因素进行控制。

(3)pH值,二价阳离子会对凝胶的强度造成影响,含油情况基本上不会影响凝胶强度。

(4)根据水质研究结果,对辽河开展调驱成胶效果较差的Q5块进行水质分析,该水质悬浮物含量在70~100 mg/L之间波动,是造成凝胶成胶较差的原因,在进行过滤处理后,凝胶成胶正常。

参考文献

- 刘家林,潘庆,肖传敏,等. 深部调驱在辽河油田矿场应用. 特种油气藏,2011;18(增刊):139—141
Liu Jialin, Pan Qing, Xiao Chuanmin, et al. Application of the compound indepth profile modification in liaohu oilfield. Special Oil & Gas Reservoirs. 2011;18:139—141
- 吴宝华,唐纪云,吕晓凤. 海外河油田交联聚合物溶液深部调驱试验研究. 特种油气藏,2003;10(4):77—80
Wu Baohua, Tang Jiyun, Lü Xiaofeng. Experimental study of deep profile control by cross-linked polymer in Haiwaihe oilfield. Special Oil & Gas Reservoirs, 2003;10(4):77—80
- 王海英,宋华. 金属离子对聚丙烯酰胺溶液黏度的影响. 精细石油化工进展,2013;14(5):20—23
Wang Haiying, Song Hua. Effects of metallic ions on polyacrylamide solution viscosity. Advances in Fine Petrochemicals, 2013;14(5):20—23
- 王桂勋,唐洪涛,张桂意. 胜坨油田污水水质对聚丙烯酰胺凝胶堵剂成胶影响研究. 油气藏评价与开发,2011;1(6):54—57
Wang Guixun, Tang Hongtao, Zhang Guiyi. The impact of waste water quality on polyacrylamide gel plugging agents' gelatification in Shengtuo oilfield. Reservoir Evaluation and Development, 2011;1(6):54—57

The Impact of Water Quality on Effect of Deep Profile Control Agents

GUO Fei

(Research Institute of Oil Exploration and Development, Liaohe Oilfield of Petrochina, Panjin 124010, P. R. China)

[Abstract] Water quality has great impact on polyacrylamide gel agent by analyzed problem of deep profile control experiment. The following factors of water quality: the pH value, the calcium ion, the magnesium ion, the sulfur ion, the suspended material, oil content and the concentration of various ions are analyzed, and conducted an experiment about their effects on the intension of polyacrylamide gel. The results indicated that: the sulfur ion and suspended material has huge damage on the hardness of gel; the pH value, calcium ion and magnesium ion has medium impact on the hardness of gel, the content of oil has negligible effect.

[Key words] deep profile control water quality hardness of gel sulfur ion suspended material